

ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(СПбГУ)
Институт наук о Земле
Кафедра экологической геологии

Кириченко Яна Андреевна

**ОЦЕНКА ЭКОГЕОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРОДА И КУРОРТА СТАРАЯ
РУССА**

Выпускная квалификационная работа бакалавра
по направлению 022000 «Экология и природопользование»

Научный руководитель:
Доктор геол.-мин. наук,
проф. Куриленко В.В.

«__»_____2017

Заведующий кафедрой:
Доктор геол.-мин. наук,
проф. Куриленко В.В.

«__»_____2017

Санкт-Петербург
2017

Оглавление

Введение	3
1. Литературный обзор по теме исследования.....	4
2. Характеристика природных условий.....	9
2.1. Физико-географический очерк.....	9
2.2. Геологическое строение.....	9
2.3. Гидрогеологические условия.....	13
3. Материалы и методы исследования.....	17
3.1. Методика отбора и подготовки проб.....	17
3.2. Методика исследования.....	18
4. Результаты и их обсуждение.....	20
4.1 Результаты лабораторно-аналитических исследований поверхностных вод.....	20
4.2 Результаты лабораторно-аналитических исследований почв и донных отложений.....	21
4.3. Результаты лабораторно-аналитических исследований растительного покрова.....	28
Заключение.....	31
Список литературы.....	33

Введение

В данной работе представлены результаты эколого-геологических работ, выполненных на территории г. Старая Русса для общей оценки нагрузок на урбоэкосистему города. Распространение на данной территории высокоминерализованных подземных вод и их активная эксплуатация человеком может являться причиной засоления компонентов природной среды, что обуславливает особое внимание к данному аспекту в настоящей работе.

Сейчас изучение загрязнения природных сред тяжелыми металлами, как наиболее распространенными и устойчивыми ксенобиотиками, наиболее приоритетно. В ходе данных работ также проведены исследования биотических и абиотических природных объектов для определения степени антропогенной нагрузки на экологическую систему. Ранее подобных работ на изучаемой территории не проводилось.

Цель работы — характеристика состояния природной среды территории г. Старая Русса для оценки антропогенного воздействия. Для достижения цели исследования были поставлены следующие задачи:

1. Анализ опубликованных ранее материалов по предмету и объекту исследования;
2. Изучение влияние стоков высокоминерализованных вод в р. Полисть на состав речной воды;
3. Установление закономерности распределения хлоридов в почвах, грунтах и донных отложениях;
4. Изучение содержания ТМ в почвенном покрове и поверхностных водах для выявления зон повышенной антропогенной нагрузки;
5. Анализ содержания ТМ в растительности и сравнение полученных результатов с предельными значениями экологических воздействий.

1. Литературный обзор по теме исследования

Месторождение Старорусских минеральных вод известно с глубокой древности. Первые упоминания о подземных источниках относятся к 1370 г., когда на месте естественного выхода воды на поверхность был пробурен первый артезианский колодец. А в 1828 г. на базе минеральных источников был организован курорт “Старая Русса”. Изучение особенностей месторождения заняло длительный период, в течение которого выдвигались разнообразные идеи относительно генезиса вод, гидрогеологических условий территории, а также проблем, связанных с эксплуатацией вод. Так одной из злободневных тем стала проблема засоления территорий, факт которого был известен до того времени, когда бурились все искусственные скважины. Воскресенский в своей работе, опубликованной еще в 1839 г. писал, что жители города вынуждены брать воду из рек близлежащих деревень, так как воды колодезные и речные в пределах города жестки от попадания в них соленых вод (Воскресенский, 1839).

В неопубликованной работе Архангельского Б.Н. и Мулява Н.А. приводятся данные о засолении верхних водоносных горизонтов вблизи минеральных источников, что приводит к нежелательным последствиям: ухудшению качеств питьевых вод, засолению почв и т.д. В 1950 г. по заданию курорта разрабатывался проект реконструкции водно-минерального хозяйства, но не был принят. Основной идеей непринятого проекта было создание мощной депрессионной воронки (срезка напора) в водоносных горизонтах среднего девона, как средства предотвращения засоления верхних водоносных горизонтов (Сборник под редакцией Дробышевского, 1955).

В работах более поздних авторов также уделяется внимание засолению территории. Исследователи объясняют сложившуюся ситуацию особенностями гидрогеологических условий района. Возможность гидравлической связи между глубоко залегающим высоконапорным комплексом высокоминерализованных вод со всеми вышележащими выявляется при сопоставлении абсолютных пьезометрических отметок этих водоносных толщ. Это обстоятельство создает предпосылки для проникновения соленых вод в залегающие выше по разрезу водоносные горизонты по зонам тектонических нарушений и стволам незакрепленных скважин (Берри, 2005).

Особенностью изучаемого района является наличие во всех горизонтах, гидрохимических аномалий, выражающихся в повышенной минерализации воды (“купола” засоления). В районе города выделяется также зона соленых грунтовых вод (Бобко, 1953).

Таким образом, становится ясно видна проблема засоления водоносных толщ (используемых, в том числе и для водоснабжения), которая вызвана природными

особенностями района, а также активной эксплуатацией водоносных скважин. Кроме того, использование минеральных вод в хозяйственной деятельности человека предполагает их слив в качестве технологического стока в наземные водные объекты. В связи с этим представляется актуальным вопрос о состоянии компонентов природной среды, засоление которых может существенно сказаться на существующей обстановке, затрагивая привычную хозяйственную активность человека и состояние природных экосистем.

Еще одна проблема, связанная как с общей территорией города, так и уязвимым участком рекреационной зоны курорта, сопряжена с загрязнением среды поллютантами, образующимися в процессе городской жизни.

Среди неорганических ксенобиотиков антропогенного происхождения к наиболее опасным и прогрессивно развивающимся в природной среде относятся металлы. Интенсивное промышленное и сельскохозяйственное использование природных ресурсов вызвало существенные изменения биохимических циклов большинства из них (Казакова, 2009).

Привнесение тяжелых металлов (ТМ) в почвы связывают с широким спектром источников, основными из которых являются: сельское хозяйство (использование удобрений, пестицидов, отходов животноводства, полив сельскохозяйственных угодий водами, загрязненными тяжелыми металлами), сточные воды и бытовые отходы, металлургическое производство и промышленные отходы, автотранспорт (Лебедева, 2010; Титов, 2011; Raymond A. Wuana, Felix E. Okieimen, 2011).

К тяжелым металлам относят более 40 химических элементов периодической системы Д. И. Менделеева с атомным весом свыше 50 а.е.м. Иногда тяжелыми металлами называют элементы, которые имеют плотность более 7–8 тыс. кг/м³ (кроме благородных и редких) (Чаплыгин, Минкина, Мотузова, Назаренко, Манджиева, Сушкова, 2013). Сложившееся понятие “тяжелые металлы не является строгим, поскольку к ним часто относят элементы-неметаллы (например, мышьяк, селен, фтор, бериллий и др.) (Демченко, 2006).

Способность тяжелых металлов к устойчивому накоплению в компонентах природной среды в виде разнообразных химических соединений приводит к их включению в биологические циклы, где они могут оказывать долгосрочные токсические эффекты (Baker A.J.M., P.L. Walker., 1989).

Выделяются две основные группы микроэлементов — эссенциальные, которые являются незаменимыми нутриентами, и токсичные. Элементы считаются эссенциальными, если в их отсутствии или недостаточном поступлении организм перестает развиваться и расти, не может осуществить свой биологический цикл, в частности, не способен к репродукции. В случае же

контакта организмов с токсичными микроэлементами возникает синдром интоксикаций, т.е. проявления токсических реакций.

Современная классификация микроэлементов по жизненной необходимости выглядит следующим образом:

- эссенциальные: Fe, I, Cu, Zn, Co, Cr, Mo, Se, Mn;
- условно-эссенциальные: As, B, Br, F, Li, Ni, V, Sr;
- токсичные: Al, Cd, Pb, Hg, Be, Ba, Vi, Tl;
- потенциально-токсичные: Ge, Au, In, Rb, Ag, Ti, Te, U, W, Sn, Zr и др.

Однако следует отметить, что даже эссенциальные микроэлементы при определенных условиях могут вызвать токсические реакции, а отдельные токсические микроэлементы при определенной дозировке и экспозиции могут обнаружить свойства эссенциальных, т.е. оказываться полезными и даже жизненно важными (Куриленко, 2016).

В связи с увеличивающимся загрязнением биосферы особый интерес и важное практическое значение имеет, с одной стороны, познание механизмов и закономерностей поведения и распределения ТМ в окружающей среде, с другой, тот факт, что свыше 90% всех болезней человека прямо или косвенно связано с состоянием окружающей среды, которая является либо причиной возникновения заболевания, либо способствует их развитию (Сапрыкин, 1984).

Особое значение многие авторы отводят именно почвенной среде. Почвы являются природными накопителями ТМ в окружающей среде и основным источником загрязнения сопредельных сред, включая высшие растения. ТМ находятся в почве в виде различных химических соединений. В почвенном растворе они присутствуют в форме свободных катионов и ассоциатов с компонентами раствора. В твердой части почвы они находятся в форме обменных катионов и поверхностных комплексных соединений, в виде примесей глинистых минералов, в форме собственных минералов устойчивых осадков малорастворимых солей (Казакова, 2009).

Почва является особой формой биосферы: ее слой не только накапливает все загрязняющие вещества, но и выступает как природный переносчик химических элементов в атмосферу, в гидросферу, растения, пищу человека. Металлы сравнительно легко накапливаются в почве, но трудно и медленно из нее удаляются (Лебедева, Фрумин, 2010).

Почва становится главным источником опасности, так как используя почвенные ресурсы, человек получает 90-95 % продуктов питания, с которыми в организм может поступать 70-90% всех токсинов, в том числе ТМ. Однако опасность почвенного загрязнения определяется не только прямой транслокацией ТМ и других поллютантов в продукты питания.

Опасность также обусловлена составом почвы как особого биокосного тела. Микроорганизмы почвы, будучи основными редуцентами и потому выполняющие ведущую роль в деструкции органического вещества, в первую очередь и наибольшей степени претерпевают изменения, происходящие в почве под действием негативных факторов среды. Прежде всего, нарушается функционирование природной компоненты, следствием чего может стать образование микробных ядов, токсичность которых непомерно высока (Мосина, Довлетярова, Ефремова, Норвосурэн, 2012; Шаркова, Надежкина, 2007).

Тяжелые металлы, поступающие на поверхность почвы, накапливаются в почвенной толще, особенно в верхних гумусовых горизонтах, и медленно удаляются при выщелачивании, потреблении растениями, эрозии и дефляции. Для техногенных территорий характерен независимо от типа почвы регрессионно-аккумулятивный тип распределения в профиле, проявляющийся в накоплении тяжелых металлов в верхнем гумусовом горизонте и резком снижении содержания в нижележащих горизонтах. Накоплению тяжелых металлов в почве способствуют глинистые минералы и органическое вещество (Федорец, Медведева, 2009).

Повышенные содержания тяжелых металлов в окружающей среде способствуют увеличению их концентрации и в растениях. При этом поступление ТМ в растения из почвы очень изменчиво и зависит от целого ряда факторов. К наиболее важным из них относятся: механический состав почвы; химический состав почвы (органическое вещество, содержание карбонатов, фосфатов и других солей); pH почвенного раствора; взаимодействие металлов; температура почвы и воздуха; валентность элемента, его физико-химические свойства; биологические особенности вида; возраст растений; сезон года и т.д. (Гукалов, 2013; Титов, Таланова, Казнина, 2011; Luch A, 2012).

Механизмы поступления металлов в растения из почвы корневым путем включают пассивный (неметаболический) перенос ионов в клетку в соответствии с градиентом их концентрации и активный (метаболический) процесс поглощения клеткой против градиента концентрации. В поглощении и транспорте тяжелых металлов в растения можно выделить следующие этапы: 1) накопление ионов свободном пространстве корня; 2) преодоление ионами мембранного барьера и их проникновение в симпласт; 3) радиальное передвижение ионов по тканям корня и сосудистым проводящим пучкам (Титов, Таланова, Казнина, 2011).

Накопление тяжелых металлов растениями, произрастающими на загрязненных почвах, в значительной степени зависит от уровня загрязнения последних. Однако сильная прямая корреляция между этими показателями обнаруживается не всегда, поскольку поток тяжелых металлов из почвы в растения определяется не только валовым содержанием, но и

концентрацией в почве их подвижной формы. Последнее тесно связано с химическим составом техногенных выбросов, защитными (буферными) возможностями почвы (Ильин, 1991).

Все растения, независимо от того, являются ли они сельскохозяйственными культурами или же сорной естественной травянистой растительностью обладают защитными (барьерными) функциями, позволяющими растениям накапливать в корнях тяжелые металлы, не допуская их проникновения в вегетативную массу и репродуктивные органы. Эти особые свойства (реакции) растений, с помощью которых они успешно противостоят ионам-токсикантам имеют огромное значение для человека, без них проблема загрязнения окружающей среды встала бы несравненно острее. Основную роль в защите растений от избытка поступающих из почвы в корни тяжелых металлов выполняет корневая система. Задерживая избыточные ионы, корни тем самым способствуют сохранению в надземных органах благоприятных (или не вредных) концентраций химических элементов. Можно предполагать, что в корневой системе растений не имеется специальных морфологических структур для задержания избытка тяжелых металлов и в ней не протекают пригодные для этой цели специфические химические реакции. Способность корневой системы задерживать избыточные ионы обусловлена совокупным действием морфологических структур и химических реакций неспецифической природы, к которым относятся поясок Каспари, обменная емкость корней, многочисленные органические соединения, дающие с тяжелыми металлами малоподвижные соединения, вакуолярные депо. Они соответственно способствуют или механической задержке тяжелых металлов, или их адсорбции на стенках клеток, или уменьшению их подвижности, или изоляции.

Требуется также обратить внимание на неодинаковую способность одних и тех же тяжелых металлов проникать из почвы в надземные органы разных видов растений и на различную способность растений противостоят избыточному потоку (Ильин, 1991; Чаплыгин, Минкина, Мотузова, Назаренко, Манджиева, Сушкова, 2013).

Способность растений поглощать тяжелые металлы из почвы характеризуется коэффициентом биологического поглощения (КБП), представляющим собой отношение содержания металла в растении к его содержанию в почве.

Растения по способности накапливать тяжелые металлы разделяют на три группы: 1) аккумуляторы, накапливающие металлы главным образом в надземных органах как при низком, так и высоком содержании их в почве; 2) индикаторы, концентрация металла в которых отражает его содержание в окружающей среде; 3) исключатели, накапливающие металлы в основном в корнях, поступление ионов в побеги ограничено даже при высокой их концентрации в окружающей среде (Baker A.J.M., 1981; Maestri, Marmiroli M, Marmiroli N., Visioli, 2010).

Содержание поллютантов в почвах и органах растений, таким образом, может служить индикатором для выявления степени экологической нагрузки на исследуемые экосистемы, давая представление о воздействии антропогенных факторов на абиотические и биотические компоненты среды.

2. Характеристика природных условий

2.1. Физико-географический очерк

Город Старая Русса расположен в Новгородской области, в центральной части Приильменской низменности, южнее озера Ильмень, в месте слияния рек Полисть и Порусья. Координаты города 57 °59' с. ш. и 31 °21' в.д.; средняя высота территории над уровнем моря 25 м. Почти все пространство района представляет собой равнину, на которой все изменения в рельефе, за немногими исключениями, приурочены к течению рек (Генеральный план, 2008).

Климат района города умеренно-влажный, переходный от морского к континентальному. Частое прохождение циклонов является причиной большой неустойчивости и изменчивости погоды. Ведущим климатическим фактором в районе является циркуляция воздушных масс. Во все сезоны года здесь преобладают Южные, Юго-западные и западные ветры.

Средняя годовая температура в Старой Руссе положительная и составляет 4,2 °С. Самый холодный месяц — январь (-8,3 °С). Самый теплый — июль (+17,5 °С). Годовая амплитуда температур составляет 25,8 °С. Годовое количество осадков в Старой Руссе, по данным многолетних наблюдений составляет 540мм, максимум приходится на летние месяцы (в сумме 210мм), минимум — на зимние (в сумме 85 мм). Следует отметить, что избыточность осадков при слабом испарении в условиях сравнительно холодного и пасмурного лета способствует, наряду с особенностями рельефа местности, большой заболоченности района (Генеральный план, 2008; Коровина, 2008).

2.2. Геологическое строение

Район города Старая Русса приурочен к северо-западной части Русской платформы. Основной особенностью геологической структуры этой области является пологое моноклинальное залегание слагающих ее образований, со слабым падением к югу и юго-востоку.

В геологическом строении района принимают участие породы верхнепротерозойского, ордовикского, средне- и верхнеордовикского возраста, а также

комплекс четвертичных образований различных генетических типов.

Кристаллический фундамент сложен **Архейскими** — **AR** гранитогнейсами, вскрытыми опорной Старорусской скважиной в интервале глубин 920-964м.

На кристаллическом основании здесь снизу вверх залегают:

Верхнепротерозойские отложения — PR3

Гдовский горизонт — PR3gd, представленный песками и песчаниками с прослоями глин, имеет повсеместное распространение в рассматриваемом регионе. В районе Старой Руссы горизонт вскрыт опорной скважиной в интервале глубин 846-920м.

Котлинский горизонт PR3kt представлен однообразной толщей серых глин с прослоями песчаников, повсеместно перекрывающих гдовские отложения и увеличивающих мощность по мере погружения в юго-восточном направлении. В Старой Руссе вскрывается в интервале 718-846м.

Кембрийские отложения — € (мощность 172м)

Балтийская серия — €1b, представляющая нижний отдел кембрия в составе ломоносовской — надламинаритовые песчаники и сиверской (лонтоваской) свит — синие глины, широко распространенные на побережье Финского залива, южнее вскрывается скважинами, в том числе и в районе Старой Руссы в интервале 630-718м.

Ижорская серия, тискретская свита — **€ 2ts**, почти повсеместно представленная однородной толщей светлых кварцевых песков и слабоцементированных песчаников, трансгрессивно залегает на размытой поверхности лантоваских глин. В разрезе Старорусской опорной скважины, вскрывающей ее в интервале 546-630м, наблюдается присутствие прослоев тонкодисперсных каолинистых глин.

Ордовикские отложения — O (общая мощность 109м)

С размывом залегают на породах нижнего и низов среднего кембрия, перекрываются большей частью наровским горизонтом среднего девона. В северной части региона эти отложения, представленные всеми тремя отделами общей мощностью до 140м, слагают Ордовикское плато. В пределах северо-западного склона Московской синеклизы, в том числе и в районе Старой Руссы, верхний отдел отсутствует.

Пакерортский горизонт — O1pk (ламошская свита) (539-546м) — кварцевые песчаники.

Волховский горизонт — O1vl (534-539м) — глауконитовые песчаники и известняки.

Кундаский горизонт — O1kd (526-534м) — органогенные известняки с прослоями мергелей.

Ласнамягинский и азериский горизонты (бывший таллинский горизонт) — *O 2tl* (519-526м) — краснобурые эхиносферитовые известняки.

Кукрузеский и ухакусский горизонты (бывший хревицкий горизонт) — *O 2id* (454-483м) — в составе итферских и тундоровских слоев, представленных известняками с прослоями мергелей и глин.

Ракверский, сандуский, кейлаский горизонты (437-454м) — известняки и доломиты.

Девонские отложения — D (мощность 421м)

Представлены средним (живетский ярус) и верхним (франский ярус) отделами. Отложения среднего и верхнего отделов девона распространены на площади главного девонского поля, которое охватывает всю Псковскую и большую часть Новгородской и Ленинградской областей. Естественные обнажения девонских отложений наблюдаются по всем рекам территории, а также по юго-западному побережью оз. Ильмень. Они вскрыты всеми буровыми скважинами района.

Эйфельский ярус — D2ef

Наровский горизонт — D2na (387-437м) на поверхность выходит узкой полосой северо-восточного простирания до р.Волхов, где он выклинивается. На всей территории своего простирания имеет выдержанный литологический состав. Это толща глинисто-мергельно-доломитовых пород, с редкими прослоями песчаников и алевролитов. Мощность толщи меняется от 20м на северо-западе до 125м в районе Валдая. Старорусской опорной скважиной вскрывается в интервале глубин 387-437м. Характерной отличительной чертой осадков наровского горизонта, лежащего в основании девонской толщи, является присутствие прослоев гипса.

Живетский ярус — D2sv

Арукюлаский горизонт — D2ar (старооскольский) выходит на поверхность в виде широкой (70км) полосы, протягивающейся от восточного побережья Чудского и Псковского озер до р.Волхов, где он постепенно выклинивается. На большей части Главного девонского поля горизонт имеет мощность 120-140м. Отложения залегают на породах наровского горизонта трансгрессивно, но без видимых следов размыва. Отложения горизонта представляют собой мощную толщу глин, мергелей и известняков, переслаивающихся с песками и песчаниками. Опорной скважиной горизонт пройден в интервале 142-387м. В разрезе опорной скважины его отложения представлены красноцветными песками и песчаниками с прослоями глин и мергелей.

Франский ярус D3f

Швянтыйский горизонт — D3sv (113,5-142м) распространен в рассматриваемом регионе повсеместно, на всей территории развития верхнедевонских осадков. Нижняя граница горизонта проводится внутри мощной (до 230м) песчаноглинистой толщи по признакам размыва, выражающегося в наличии гальки и кварцитов в основании разреза. В районе Старой Руссы литологический состав представлен тонко- и мелкозернистыми песками, в верхней части с прослоями глин. Мощность этого горизонта варьирует в заметных пределах — от 24 до 45м.

Саргаевский горизонт — D3sr объединяет снетогорские, псковские и чудовские слои (69-108м).

На большей части территории горизонт представлен известняками, мергелями и доломитами с маломощными глинистыми прослоями. В разрезе слагающих его слоев преобладают те или иные карбонатные разности. Общая мощность горизонта не превышает 27-30м.

Снетогорские слои — D3sn залегают на глубине 108-113,5м. Отбиваются по четкому контакту пестроцветной толщи и светлого карбонатного песчаника мощностью 13м. Верхняя часть разреза представлена алевролитами с глинистыми прослоями.

Псковские слои — D3ps представлены крепкими доломитизированными серыми известняками, с небольшими глинистыми прослоями. В нижней части разреза присутствуют доломиты. Средняя мощность псковских слоев — 12м.

Чудовские слои — D3cd. По литологическим особенностям чудовские слои разделяются на две пачки: нижнюю — карбонатную, представленную скрытокристаллическими доломитистыми, глинистыми известняками, слабо трещиноватыми; и верхнюю — глинистомергелистую, представленную чередованием мергелей и глин, а также прослоями трещиноватого известняка. Мощность варьирует от 18 до 22м. Общая мощность псковских и чудовских слоев 939м.

Даугавский горизонт — D3dv объединяет порховские и свиногородские, ильменские и бургские слои.

Порховские и свиногородские слои — D3sv. На территории курорта вскрываются на глубинах от 43 до 64м. В литологическом отношении характеризуются весьма сложным строением, очень невыдержанным составом по падению и простиранию, значительными колебаниями мощности. Основную часть разреза слагают известняки различной степени доломитизации и глинистости; незначительным развитием пользуются доломиты, мергели, алевролиты. Общая мощность составляет 31м.

Ильменские слои — D3il вскрываются на глубинах 28-53м. Представлены преимущественно коричневато-красноватыми глинами с редкими прослоями известняков.

Бурегские слои, залегающие в кровле горизонта, выходят на поверхность под чехлом четвертичных осадков вдоль южного берега оз.Ильмень и непосредственно в районе города Старая Русса. Мощность колеблется от 8 до 20м. Отложения представлены почти исключительно светлоокрашенными известняками с небольшими прослойками глин и мергелей в нижней части, отличаются сильной трещиноватостью.

Воронежский горизонт — *D3vr* выходит под четвертичными отложениями только на участке Царицынских источников. Разрез преимущественно глинистый, алевроиты и песчаники занимают подчиненное положение. Окраска пород пестрая — от светлых тонов до темномалиновых. Вскрытая мощность от 0,1 до 21м.

Четвертичные отложения — Q. Четвертичные отложения распространены повсеместно. Их строение и мощность в значительной степени зависят от особенностей рельефа подстилающей поверхности, сформированной в течение длительного этапа континентального развития и преобразованной затем процессами ледникового выпахивания и размыва (Берри, 2005). Схема геологического строения района города Старая Русса представлена на рис. 1.

2.3. Гидрогеологические условия

Водоносность четвертичных отложений. Воды четвертичных отложений распространены на территории Старой Руссы повсеместно, но при этом не образуют сплошных выдержанных горизонтов, а имеют линзовидный характер залегания. Эти воды преимущественно пресные, гидрокарбонатные сложного катионного состава, с минерализацией 0,2-0,8 г/дм³. На территории курорта грунтовые воды засолены и имеют хлоридный натриевый состав.

Водоносность девонских отложений. В палеозойской осадочной толще описываемого участка установлены следующие водоносные горизонты и комплексы:

- бурегский водоносный горизонт — *D3br*
- саргаевско-даугавский водоносный комплекс — *D3sr-dv*
- арукюласко-швянтыйский водоносный комплекс — *D2ar-D3sv*

Бурегский водоносный горизонт — D3br в районе Старой Руссы развит повсеместно. Залегаёт на глубине порядка 5-24м. Водосодержащими породами являются трещиноватые доломитизированные известняки, средняя мощность которых составляет 11-14м. В подошве залегают водоупорные глины ильменских слоев, отделяющие бурегский горизонт от нижележащего водоносного комплекса. Воды горизонта напорные, с величиной напоров, увеличивающихся по мере погружения водовмещающих пород от 3 до 30м. Пьезометрическая

поверхность в основном повторяет рельеф поверхности. Падение пьезометрических уровней происходит в сторону оз.Ильмень и к долинам рек Полисть и Порусья. Наблюдается гидродинамическая аномалия в виде небольших «куполов» пьезометрической поверхности, связанных с подтоком более высоконапорных вод нижележащих горизонтов. Бурегский водоносный горизонт является основным и единственно возможным источником централизованного питьевого водоснабжения.

Саргаевско-даугавский водоносный комплекс — D3srdv отделяется от бурегского водоносного горизонта водоупорными глинами ильменских слоев, от нижележащего арукюласко-швянткойского водоносного комплекса — снетогорскими отложениями. Повсеместно развитая в районе серия приурочена к слабо трещиноватым известнякам общей мощностью около 50м. По химическому составу вода комплекса относится к среднеминерализованной (М до 6,5 г/л) хлоридной кальциево-магниевой-натриевой (магниево-кальциево-натриевой). Имеет в повышенных количествах имеющий бальнеологическое значение бром (Br до 18 мг/л). Возможность гидравлической связи между саргаевско-даугавской водоносной серией и нижележащим высоконапорным арукюласкошвянткойским водоносным комплексом выявляется при сопоставлении абсолютных пьезометрических отметок этих водоносных толщ. Пьезометрическая поверхность арукюласкошвянткойского комплекса на несколько метров выше пьезометрической поверхности саргаевско-даугавского водоносного комплекса и значительно превышает пьезометрическую поверхность бурегского водоносного горизонта. Это обстоятельство создает предпосылки для проникновения соленых вод средневерхнедевонской толщи в оба вышележащих горизонта по зонам тектонических нарушений и стволам незакрепленных скважин.

Арукюласкошвянткойский водоносный комплекс — D2ar – D3sv имеет в районе повсеместное развитие. Объединяет однородную песчано-глинистую толщу средневерхнедевонских отложений, общей мощностью порядка 250-300м. Водосодержащие породы представлены тонко- и мелкозернистыми песками и песчаниками. Мощность глинистых прослоев составляет 0,56м. От вышележащей водоносной серии комплекс отделен снетогорскими отложениями мощностью до 10м, которые в районе Старой Руссы слабоводообильны и представляют собой относительный водоупор. В подошве комплекса залегает наровский горизонт водоупорных глин.

Воды комплекса высоконапорные. Напор от кровли водовмещающих пород составляет около 125м, над поверхностью +20 - +22м. Все вскрывающие его скважины фонтанируют. На курортном участке пьезометрические уровни устанавливаются практически на одинаковых абсолютных отметках: около 45м абс. Водоносный комплекс отличается весьма значительной

водообильностью. Все скважины, вскрывающие этот комплекс, имеют очень высокую производительность. По химическому составу вода комплекса относится к высокоминерализованной (М до 20,12 г/л) хлоридного натриевого (кальциево-натриевого) состава, обогащена в кондиционных количествах бромом (Br 45-60 мг/л).

Физико-химические процессы, протекающие в водоносном горизонте среднего девона, в конечном итоге формируют общую картину химизма и распределения минерализации в артезианском бассейне минерализованных вод. В подобных условиях большую роль должны приобрести вековые процессы гравитации и диффузии. Вода, выщелачивая соль, приобретает больший удельный вес в сравнении с окружающей массой воды и под влиянием силы тяжести стремится опуститься вниз, ввиду чего постоянно имеют место гравитационные токи. Процессы гравитации вследствие противодействующих явлений диффузии и нахождения воды в горных породах, обладающих различной фильтрационной способностью, должны протекать очень медленно. Однако известно, что многие геологические процессы также протекают медленно и незаметно, но с течением геологического времени приводят к важным результатам.

Явления гравитации и диффузии в конечном итоге приводят к закономерному увеличению минерализации сверху вниз как в направлении падения водоносного горизонта, так и по вертикали при достаточной мощности водоносного горизонта. Схема гидрогеологической стратификации отложений девонского периода представлена на рис. 2.

Протерозойско-кембро-ордовикский водоносный комплекс (PR3+C12+O13).

О подземных водах ордовика, кембрия и верхнего протерозоя в пределах описываемого района имеются лишь отрывочные данные (Берри, 2005).

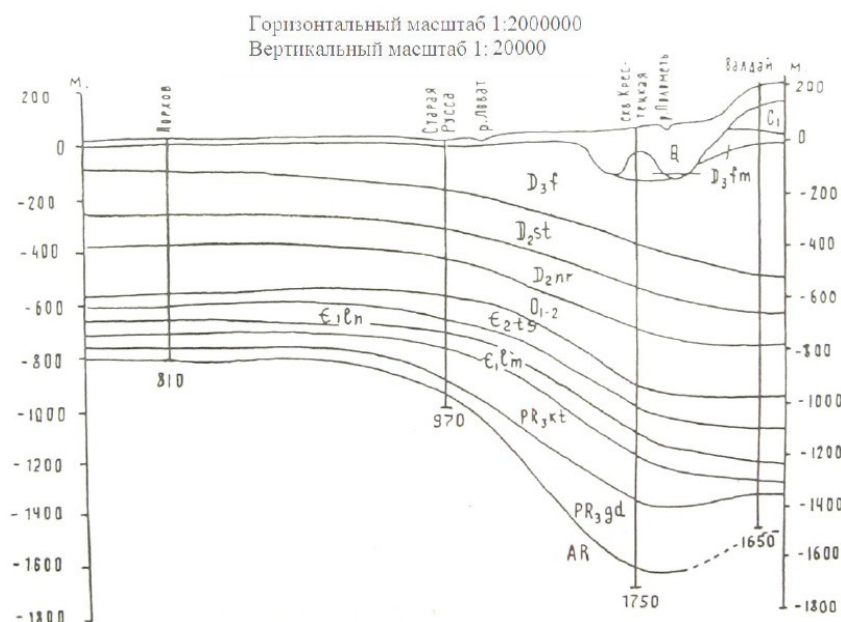


Рис.1. Схема геологического строения района города Старая Русса (Берри, 2005)

**Схема гидрогеологической стратификации
водоносных толщ среднего-верхнего девона**

Г: 1:2000
В: 1:5000

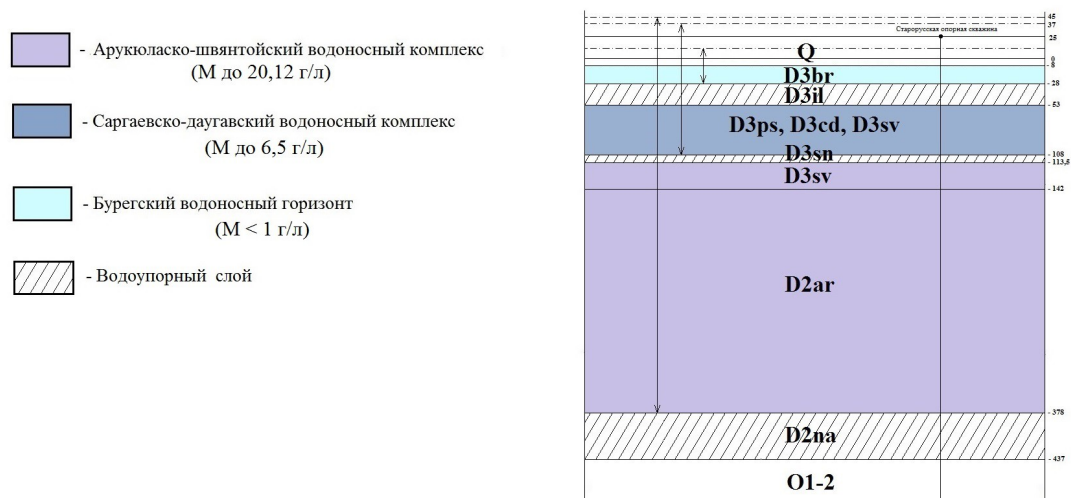


Рис. 2. Схема гидрогеологической стратификации

3. Материалы и методы исследования

3.1. Методика отбора и подготовки проб

Был проведен отбор проб почв, поверхностных вод, донных отложений, а также образцов растительности (см. таблицу 1). Схема отбора всех проб, за исключением тех, места отбора которых нельзя отразить в масштабе целого города, представлена на рисунке 3.

Тип пробы	Количество проб
Почва	61
Вода	6
Донные отложения	4
Растительность	11

Таблица 1. Количество проанализированных проб

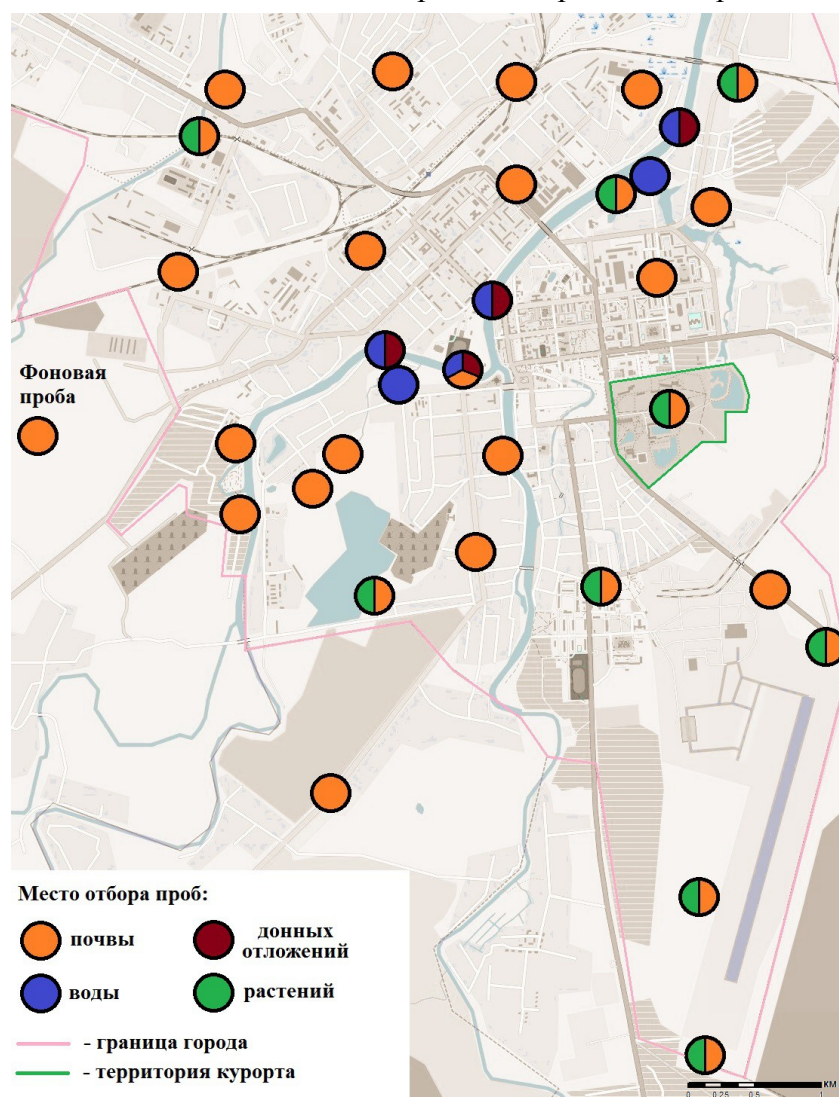


Рис. 3. Схема отбора проб

Для обследования поверхностного слоя почв (0,0-0,2м) на химические показатели пробы были отобраны в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83, ГОСТ 17.4.4.02-84 «методом конверта» (объединенная проба). Чтобы предотвратить вторичное загрязнение, пробы для химического анализа отбирали лопаткой, не содержащей металлы. Образцы были подвержены высушиванию в сушильном шкафу, измельчены ручным способом в ступке, а затем просеяны через сито с диаметром отверстий в 1 мм. Для проведения анализа на содержание хлорид-иона методом мокрой химии часть от объема пробы использовалась для приготовления водной вытяжки почвы. Оставшаяся часть от каждой пробы была подвержена истиранию до состояния пыли с помощью планетарной микромельницы PULVERISETTE 7 для дальнейшего рентгенофлуоресцентного анализа.

В качестве биоиндикатора для исследования состояния биотической компоненты экосистемы города был принят вид травянистой растительности пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski.). Данный вид растения повсеместно распространен на всей территории города, широко используется исследователями в целях биоиндикации и отличается толерантностью к загрязнению тяжелыми металлами. Отбор образцов растительности производился в тех же местах, где осуществлялся отбор почвенных проб. Отобранный материал был разделен на две части: надземные органы растений и корневая система. Образцы высушивались и истирались в ступке до порошкообразного состояния. Далее пробы были подвержены кислотному разложению. Озоление проводили смесью кислот HClO_4 и HNO_3 .

Отбор проб поверхностных вод проводили с глубины до 0,1 м. Транспортировали пробы воды в герметично укупоренных емкостях. Перед началом необходимых анализов отобранные образцы воды были профильтрованы с помощью фильтра «Синяя лента».

Для исследования осадков дна реки отбор проб производился из поверхностного слоя донных отложений. Емкости для хранения образцов были заранее подготовлены и надежно закрывались. Пробоподготовка образцов донных отложений проводилась по той же методике, что и для проб почв.

3.2. Методика исследования

Содержание основных макрокомпонентов в образцах воды и почвенных вытяжках было исследовано методом титриметрии.

Анализ содержания тяжелых металлов в почве и донных отложениях производился рентгенофлуоресцентным методом с помощью прибора СПЕКТРОСКАН МАКС-G. Спектрометр представляет собой настольный прибор с управлением от внешнего компьютера. Принцип действия спектрометра основан на облучении образца первичным излучением

рентгеновской трубки, измерении интенсивности вторичного флуоресцентного излучения от образца на длинах волн, соответствующих определяемым элементам, и последующем расчете массовой доли этих элементов по предварительно построенной градуировочной характеристике, представляющей собой зависимость содержания определяемого элемента от измеренной интенсивности. Пределы обнаружения от 1 до 20 ppm (для Са и элементов от Мо до Sb порядка 500 ppm).

Содержание токсичных элементов в пробах воды, а также образцах растений, подвергшихся ранее мокрому озолению, измерялось с помощью оптического эмиссионного спектрометра ICPE-9000. Оптическая эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП ОЭС)- это высокочувствительный метод, для одновременного многоэлементного анализа в широком диапазоне концентраций. В связи с этим он широко используется как для анализа высоких концентраций, так и следовых содержаний. Прибор обеспечивает определение большинства элементов на уровне 1-10 ppb и ниже. Метод ИСП-ОЭС основан на измерении интенсивности спектральной линии излучения атома определяемого элемента, переведенного в возбужденное состояние. Измеренные значения интенсивности эмиссии сравниваются со значениями интенсивности стандартов с известной концентрацией для того, чтобы получить значение концентрации элемента в неизвестной пробе. Интенсивность излучения зависит от массовой концентрации элемента в растворе анализируемой пробы. В высокочастотную индуктивно связанную аргоновую плазму, поддерживаемую в горелке при атмосферном давлении, при помощи перистальтического насоса вводится жидкая проба в аэрозольном состоянии. В плазменном факеле горелки происходит полное испарение микро капель аэрозоля, термическая диссоциация вещества пробы на молекулы и атомы, возбуждение и ионизация атомов. Во время нахождения в плазме (2-3 миллисекунды) атомы или молекулы при переходе из возбужденного в основное состояние испускают свет на длине волны, характерной для определяемого элемента. Излучение фиксируется фотоэлектронными умножителями, которые преобразуют его в цифровой сигнал (Методика выполнения..., 2005).

4. Результаты и их обсуждение

4.1 Результаты лабораторно-аналитических исследований поверхностных вод

Для изучения состояния реки Полисть были отобраны 4 пробы воды (1в-4в). Также исследованы 2 пробы воды из ручьев, осуществляющих сток в р. Полисть (5в,6в). Определены содержания следующих макрокомпонентов: хлориды, гидрокарбонаты, сульфаты, натрий, кальций, магний. Санитарно-гигиенические исследования проводились по следующим показателям: кобальт, марганец, мышьяк, никель, свинец, стронций, цинк. Результаты лабораторных исследований проб поверхностных вод приведены в таблицах 2, 3.

№ п/п	Определяемый компонент	Результат исследования, мг/дм ³						ПДК*
		1в	2в	3в	4в	5в	6в	
1	Хлориды	21.00	175.00	45.50	175.00	8942.50	6125.00	300
2	Гидрокарбонаты	43.31	45.75	34.16	42.09	140.30	184.22	-
3	Сульфаты	16.46	37.86	13.17	33.33	1402.06	805.72	100
4	Натрий	20.54	103.01	33.45	94.86	4243.72	2905.03	120
5	Кальций	12.00	20.20	7.00	21.60	1300.00	760.00	-
6	Магний	1.92	12.60	3.96	14.16	450.00	366.00	40
№ п/п	Определяемый компонент	Результат исследования, мг/дм ³						ПДК*
		1в	2в	3в	4в			
7	Кобальт	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005			0,01
8	Марганец	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005			0,01
9	Мышьяк	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			0,05
10	Никель	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005			0,01
11	Свинец	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005			0,01
12	Цинк	0,0029	0,0036	0,0026	0,0046			0,01

ПДК* - «Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».

Таблицы 2, 3. Результаты лабораторных исследований поверхностных вод

В результате лабораторных исследований проб воды р. Полисть превышения допустимых уровней содержания исследуемых веществ не обнаружено.

Наглядно результаты химического состава исследуемых вод представлены на карте с помощью формулы Курлова (рис. 4).

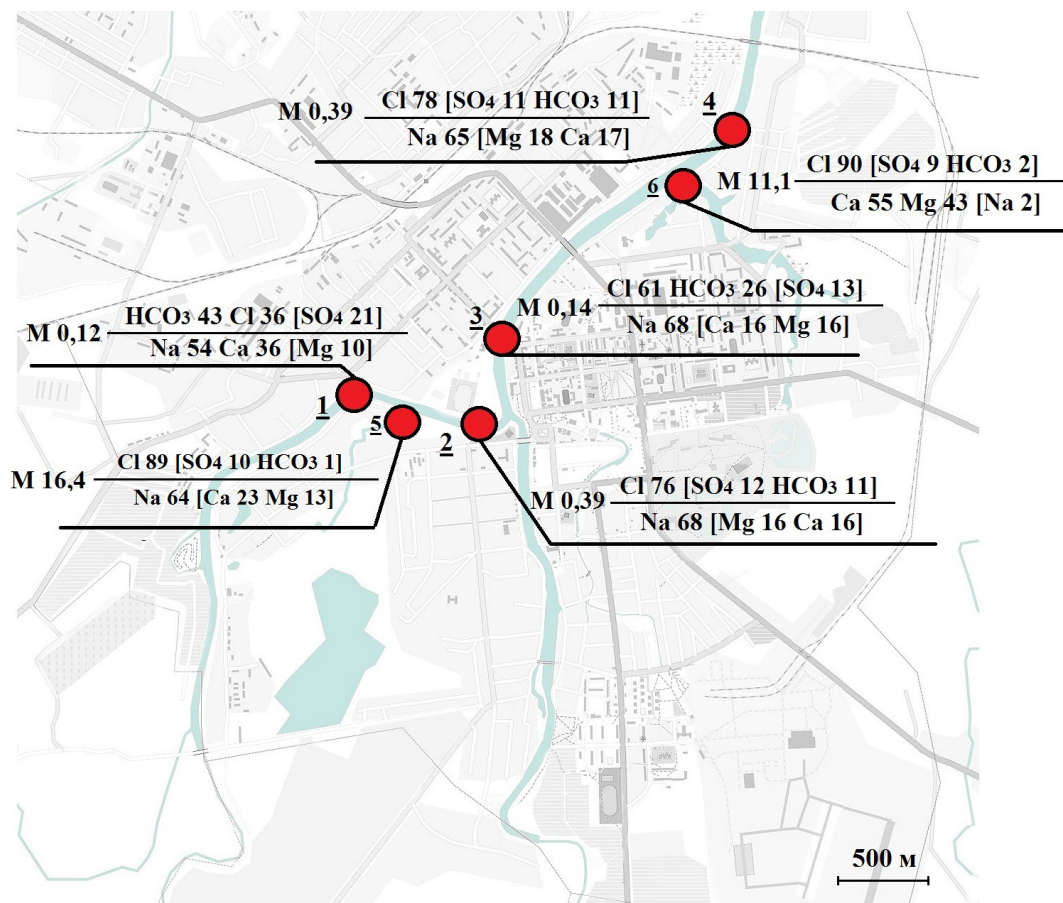


Рис. 4. Результаты химического анализа вод р. Полисть

Полученные в результате лабораторных исследований данные о содержании основных макрокомпонентов подтверждают резкую смену химического состава вод реки после спуска в нее соляных ручьев. Во всех пробах р. Полисть ниже спуска отмечается изменение первоначального гидрокарбонатного состава вод реки на хлоридный, однако, как показано ранее, превышений предельно допустимых уровней по исследуемым макрокомпонентам не наблюдается.

4.2 Результаты лабораторно-аналитических исследований почв и донных отложений

В ходе лабораторных исследований было определено содержание хлоридов в образцах почв и грунтов территории г. Старая Русса. Превышений допустимого уровня согласно ГН 2.1.7.2041-06 (360 мг/кг) не отмечается, за исключением 1 пробы почвы, отобранной непосредственно на месте источника минеральных вод (2001,08 мг/кг) Наглядное изображение распределения содержания хлоридов представлено на карте (см. рис. 5).

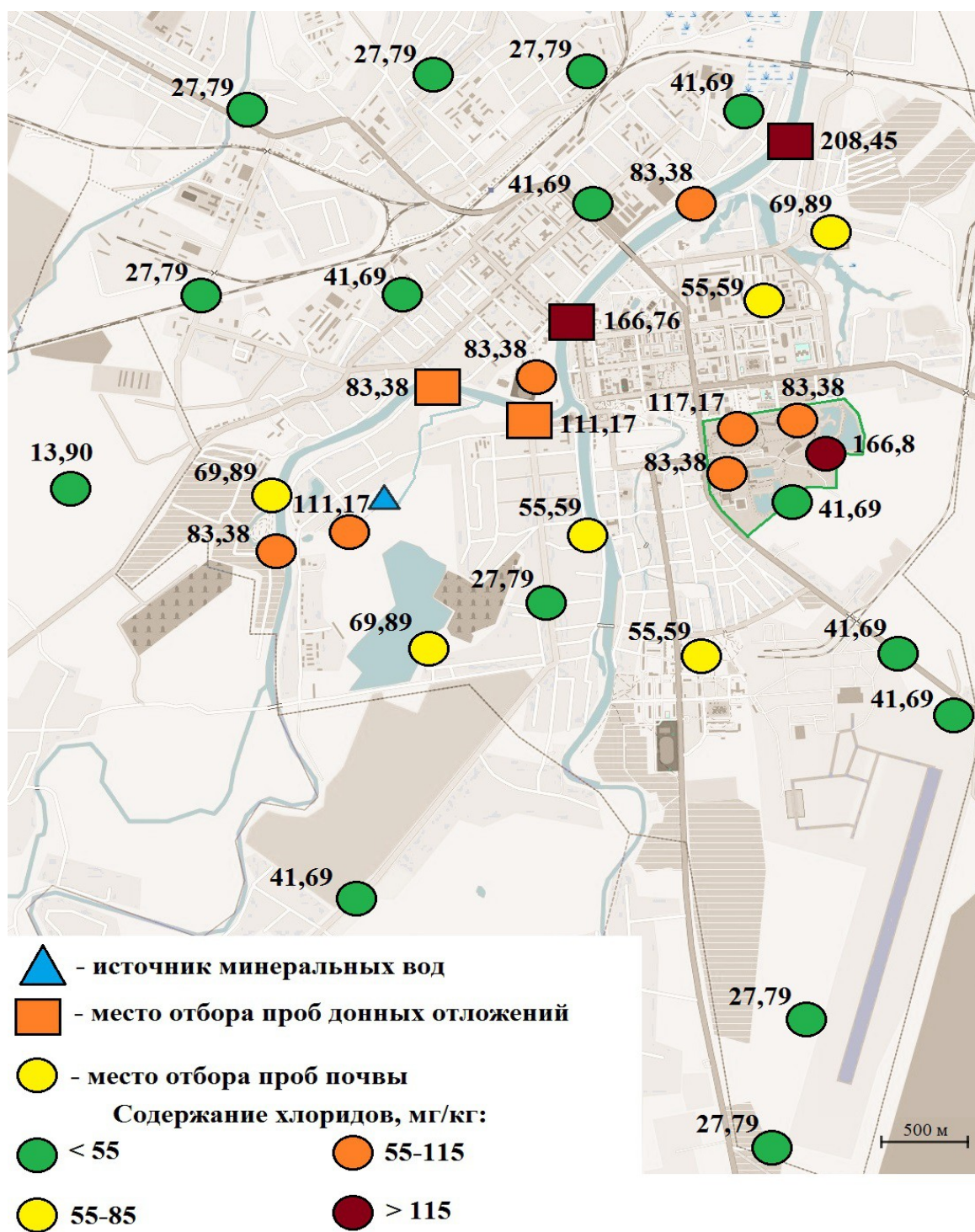


Рис. 5. Результаты анализа содержания хлорид-иона в почвах и донных отложениях

Как видно из приведенной выше карты, наибольшим содержанием хлорид-иона характеризуются донные отложения. Стоит отметить, что более высокие содержания хлоридов также наблюдаются на участках, приближенных к поверхностным водоемам. Это может быть связано как с воздействием на почвы в результате сезонных поднятий воды, так и влиянием

грунтовых вод, глубина залегания которых на указанных участках меньше. Кроме того, повышенные относительно фоновых значения концентрации хлоридов отмечены в точках отбора проб почвы на территории курортной зоны.

Для оценки загрязнения почв были определены содержания валовой формы следующих металлов: V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Pb, принадлежащих I-III классу опасности. Полученные данные проанализированы в программе STATISTICA 10 (см. таблицу 4). Из-за неоднородности содержания свинца и цинка коэффициенты вариации для данных элементов оказались высокими.

	Среднее	Минимум	Максимум	Квартиль 25 %	Квартиль 75%	Ст.откл.	Коеф.Вар.
V	26,0	20,0	71,0	23,0	33,0	11,1	36,4
Cr	53,0	40,0	92,0	48,0	58,0	10,6	19,5
Mn	395,0	182,0	1032,0	289,0	534,0	179,3	42,5
Co	40,0	34,0	54,0	38,0	43,0	4,9	12,1
Ni	21,0	17,0	53,0	19,0	23,0	6,8	30,7
Cu	180,0	68,0	411,0	118,0	201,0	68,2	41,0
Zn	57,0	48,0	940,0	51,0	87,0	127,7	130,1
Sr	107,0	70,0	307,0	84,0	124,0	46,7	41,1
Pb	29,0	5,0	2820,0	20,0	47,0	386,0	348,7

Таблица 4. Описательные статистические показатели для исследуемых элементов

Диаграммы «ящик с усами» с оценками медиан, квартилей и диапазонов содержания ТМ в почвах представлены на рисунках 6,7.

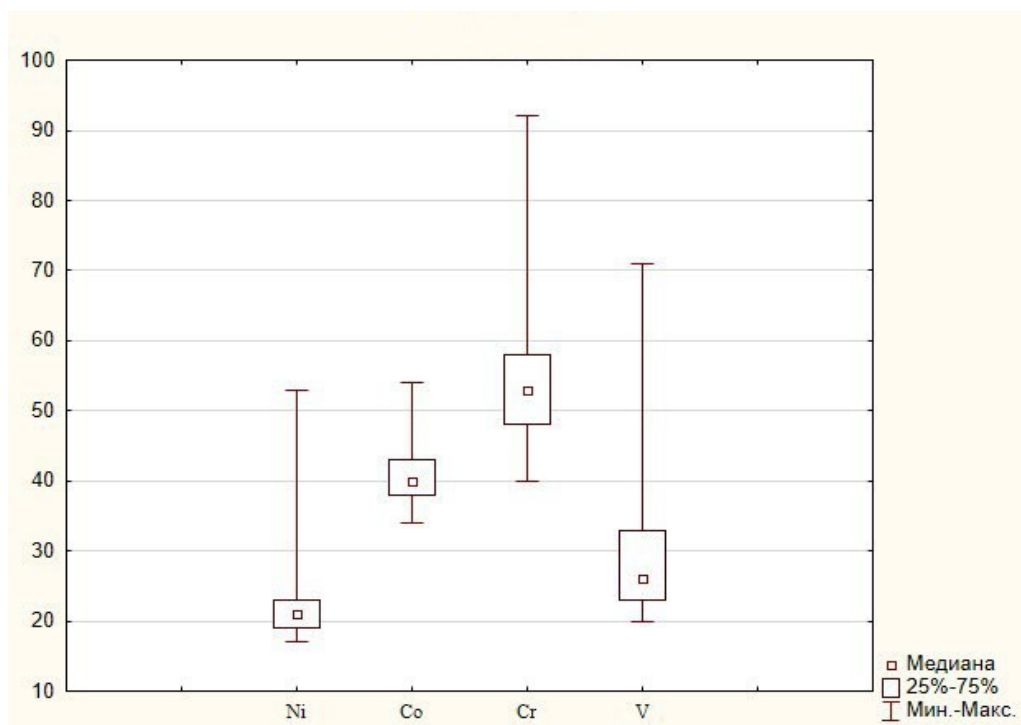


Рис. 6. Диаграмма размаха для элементов Ni, Co, Cr, V

Вследствие большого разброса значений для свинца отображение результатов по данному элементу в виде подобной диаграммы не является наглядным.

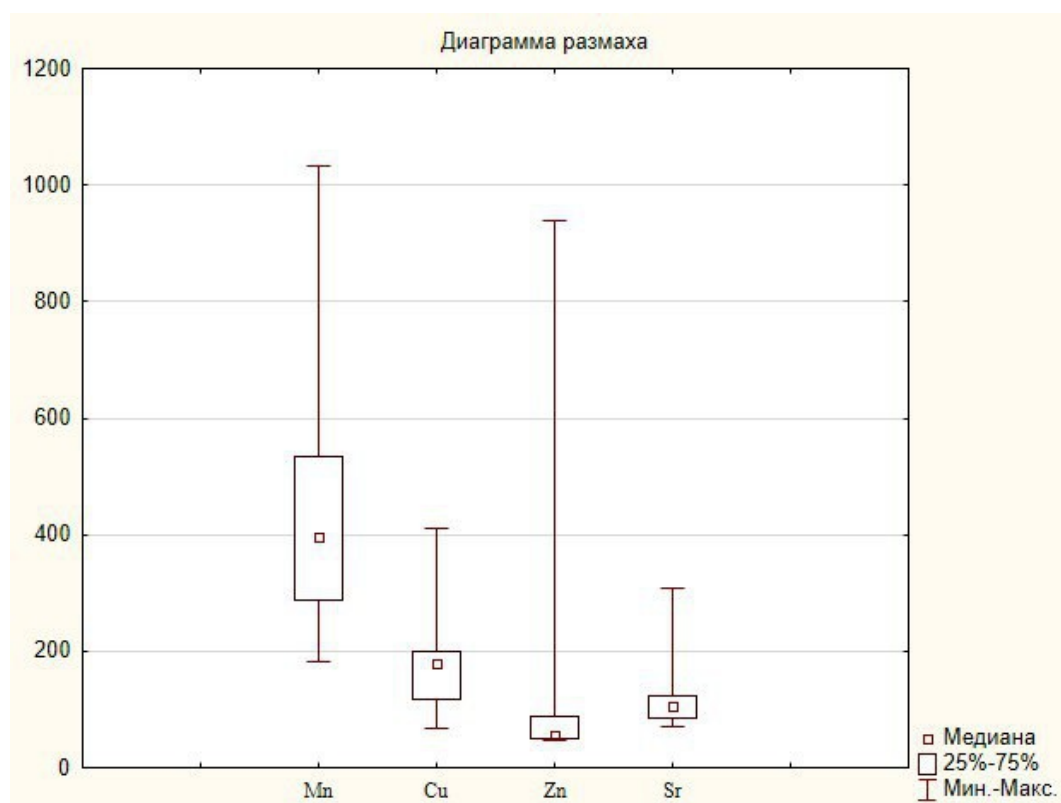


Рис. 7. Диаграмма размаха для элементов Mn, Cu, Zn, Sr.

Степень накопления элементов определяется по величине коэффициентов концентраций (K_c), равных отношению фактического содержания элемента в исследуемой почве к фоновому значению. В целом для обследованной территории города установлен следующий ряд накопления (в порядке убывания K_c , указанных цифрами): $Pb_{5,8} - Cu_{2,7} - Mn_{2,2} - Sr_{1,5} - (Cr, V)_{1,3} - (Zn, Co, Ni)_{1,2}$.

Химическое загрязнение почв комплексом металлов оценивалось по суммарному показателю химического загрязнения (Z_c), являющемуся индикатором неблагоприятного воздействия на здоровье населения.

Суммарный показатель химического загрязнения Z_c характеризует степень химического загрязнения грунтов, обследуемых участков металлов I-III классов опасности, и определяется как сумма коэффициентов концентрации K_c , отдельных компонентов загрязнения по формуле:

$$Z_c = \sum K_c - (n-1)$$

где n - число определяемых компонентов,

По величине суммарного показателя загрязнения (Z_c) почвы могут быть разделены на

следующие категории:

< 16 - допустимая;

16 – 32 - умеренно опасная;

32 – 128 - опасная;

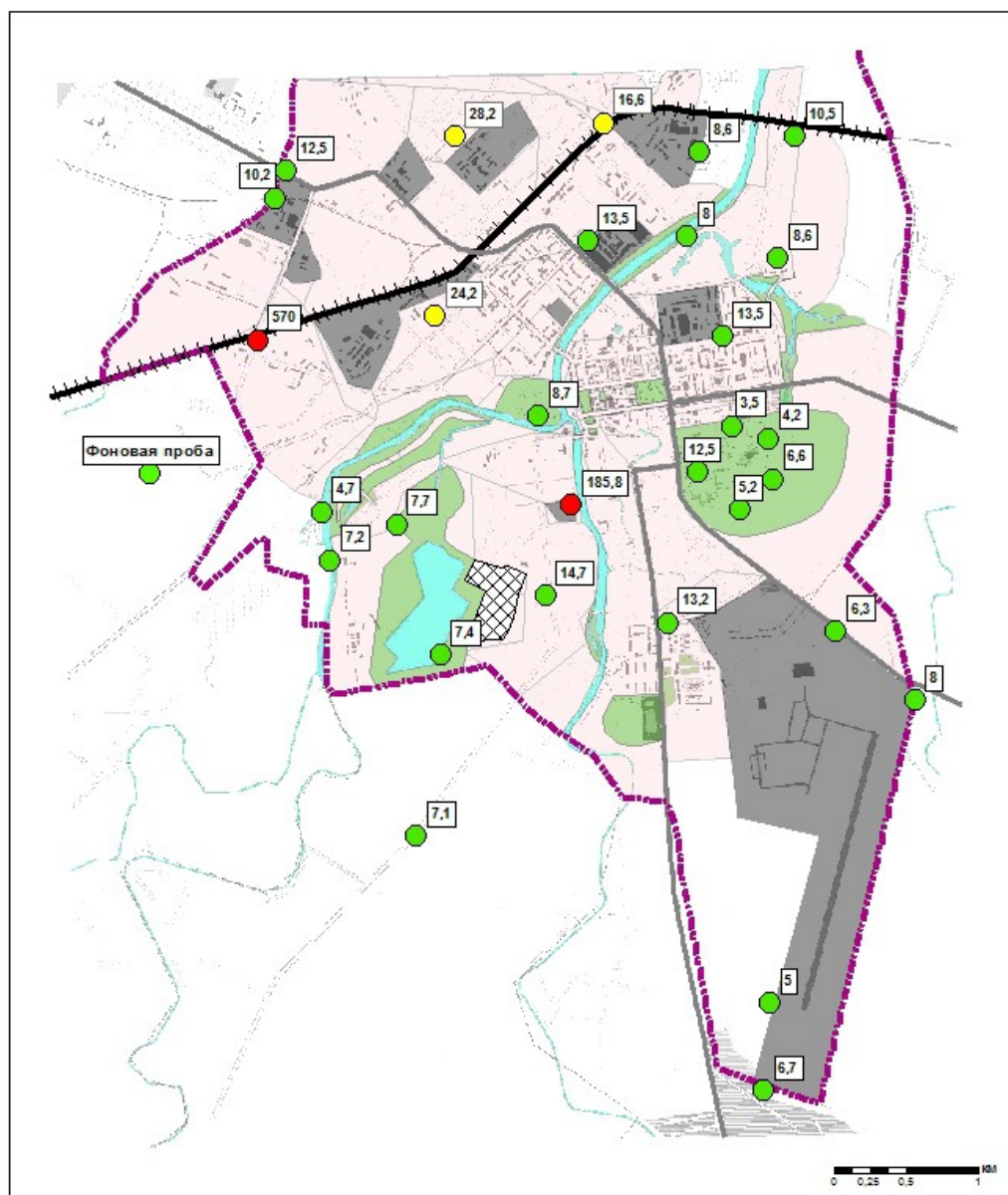
> 128 - чрезвычайно опасная.

При расчете Z_c учитываются только $K_k > 1,5$. В случае, если фактические концентрации были ниже предела разрешающей способности методики измерения концентраций, при расчетах принималось значение, равное 0,5 предела. [СП 47.13330.2012; СП 11-102-97]. В среде ArcGIS была построена карта территориального распределения суммарного показателя загрязнения Z_c . Карта построена в зональной проекции Гаусса-Крюгера с центральным меридианом 30° (см. рис. 9).

Как видно из данной карты, наибольшее загрязнение почв поллютантами обнаружено в образцах, отобранных рядом с территорией Медико-инструментального завода (где ранее располагался литейный завод) и участком железнодорожных путей в западной части города. Данным образцам присвоена «чрезвычайная» категория опасности, и описываемые участки были изучены более подробно. При этом красными отметками на схемах обозначена «чрезвычайно опасная» категория загрязнения относительно суммарного показателя загрязнения Z_c , оранжевыми - «опасная», желтыми — «умеренно опасная» и зелеными - «допустимая» (см. рис 8, 10).



Рис. 8. Схема распределения Z_c в почвах участка отвода железной дороги



Категория загрязнения почвы

- Чрезвычайно опасная ($Z_c > 128$)
- Умеренно опасная ($16 < Z_c < 32$)
- Допустимая ($Z_c < 16$)

Функциональное зонирование территории

- Граница города
- Автодорога
- - - Железная дорога
- Земли за пределами застройки
- Кладбище
- Селитебная зона
- Промышленная зона
- Рекреационная зона

Рис. 9. Карта-схема распределения суммарного показателя загрязнения Z_c .

Как видно на схеме исследования участка железной дороги, загрязнение почв и грунтов тяжелыми металлами снижается при удалении от железной дороги. Это связано с тем, что в первых метрах от железнодорожных путей оказывают интенсивное воздействие сразу два вида загрязнений полосы отвода ТМ железной дороги. К первому относится постоянное загрязнение, вносимое подвижным составом, а ко второму - локальное, образуемое при пылении грузов (Сошина, 2009) (см. рис. 8).



Рис.10 Схема распределения Zr на участке вблизи Медико-инструментального завода

На основе полученных данных о содержании загрязнителей в почве составлены диаграммы, отражающие средние значения коэффициентов концентрации элементов относительно ПДК по четырем выделяемым зонам: отвод железнодорожных путей, Медико-инструментальный завод, рекреационная и общая городская зона (см. рис. 11).

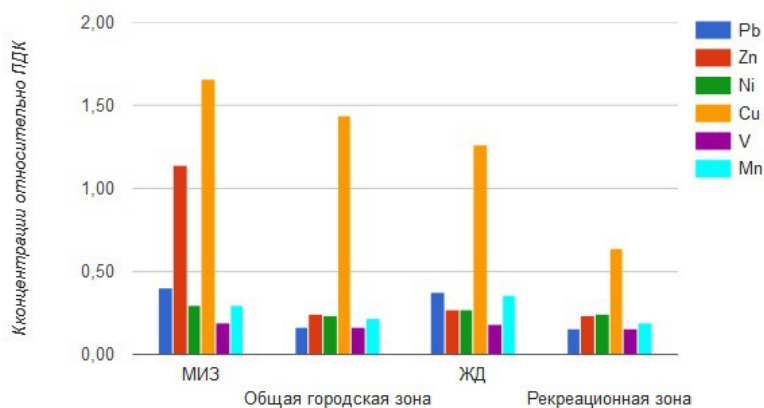


Рис. 11. Значения коэффициентов концентрации ТМ в почвах относительно ПДК

Из гистограммы видно, что наименьшим загрязнением характеризуется рекреационная зона, включающая также территорию курорта. На остальных же участках содержания ТМ заметно выше, при этом среднее содержание меди выше установленных ПДК, концентрация Zn на участке Медико-инструментального завода также превышает допустимый уровень.

Содержание загрязняющих веществ в донных отложениях российскими нормативами не регламентируется. В зарубежной практике примером нормирования качества осадков служат «голландские листы», часто используемые в международной практике в качестве рекомендательной справки. (Neue Niederlandische Liste. Altlasten Spektrum 3/95). Сравнение результатов анализа изученных проб донных отложений с допустимыми концентрациями (ДК) поллютантов показало, что все анализируемые пробы превышают ДК по элементам Cu и Co. Один из образцов также превысил ДК для Ni. Гистограмма средних фактических содержаний ТМ в донных отложениях и допустимых уровней согласно голландским документам представлена на рисунке 12.

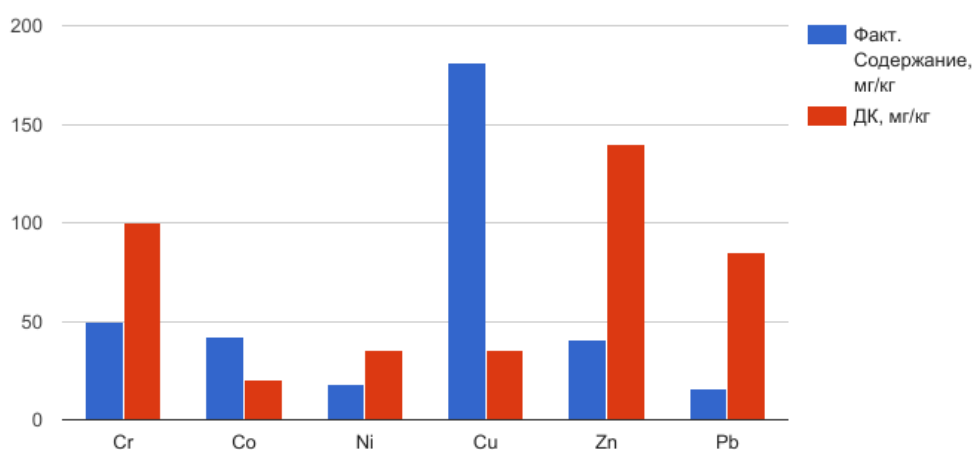


Рис. 12. Сравнение средних значений фактических содержаний ТМ в донных отложениях с допустимыми концентрациями согласно Neue Niederlandische Liste. Altlasten Spektrum 3/95

4.3. Результаты лабораторно-аналитических исследований растительного покрова

По величине абсолютного содержания в растительности ТМ располагаются в следующем порядке: $Mn > Zn > Sr > Cr > Cu > Ni > Pb > Co$. При этом обнаружены сходные закономерности содержания ТМ в почвах и растениях.

Оценка степени накопления ТМ растениями проводилась на основе коэффициента биологического поглощения (КБП) как отношения содержания металла в надземной части растения к общему содержанию элемента в почве. Во всех случаях среднее значение КБП меньше единицы, что говорит о слабом накоплении ТМ исследуемыми растениями.

Кроме того, был определен транслокационный коэффициент (ТК) - соотношение содержания элемента в надземной части к содержанию в корнях. При этом относительно высокую транслокационную способность проявили элементы Cr и Ni ($TK_{Cr} = 1,37$; $TK_{Ni} = 1,25$; $TK_{Zn} = 1,02$) (см. таблицу 5).

Показатель/ Элемент	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Sr	Pb
КБП	0.24	0.35	0.03	0.50	0.05	0,63	0.18	0.12
ТК	1.37	0.99	0.33	1.25	0.26	1,02	0.86	0.33

Таблица 5. Средние значения КБП и ТК для исследуемых элементов

Гистограмма соотношения содержания ТМ в почве, корневой и надземной части растений представлена на рис. 13.

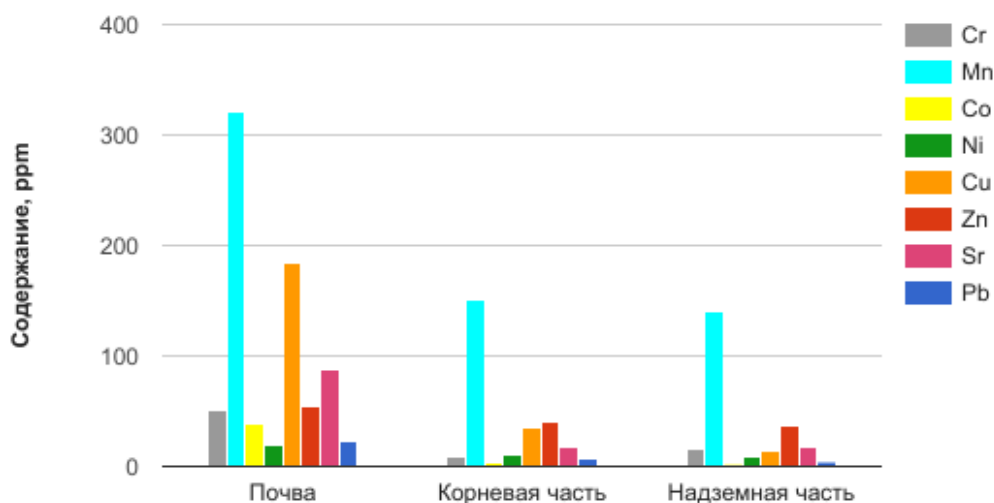


Рис. 13 Средние значения содержания ТМ в почвах, корневой и надземной части растений

Таким образом, по результатам исследования выявлена высокая устойчивость растений вида пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski.) к загрязнению почв ТМ. Очевидно, что

растения, у которых транслокационный коэффициент и, в особенности, коэффициент биологического поглощения меньше 1,0, не подходят для использования в целях фиторемедиации.

Для оценки состояния растительности, как биотического компонента экологической системы города, полученные результаты о содержании тяжелых металлах в образцах сравниваются с оптимальными значениями, принятыми в соответствии с двумя различными методиками. (Melsted, 1973 и A. Kabata-Pendias, H. Pendias) (см. таблицу 6).

Элемент	Содержание в надземной части, ppm	Содержание в корневой части, ppm	Границы оптимальных значений, ppm (Melsted, 1973)	Границы оптимальных значений, ppm (A. Kabata-Pendias, H. Pendias)
Cr	17	8	0,1-0,5	0,1-0,5
Mn	130	151	15-150	20-300
Co	2	3	0,01-0,30	0,02-1,0
Ni	10	10	0,1-1,0	0,5-5,0
Cu	15,0	35,0	3 – 40	5 – 30
Zn	38	41	15-150	27-150
Pb	5	6	0,1-5,0	5 — 10

Таблица 6. Сравнение фактических данных о содержании ТМ в органах растения с оптимальными значениями по методикам разных авторов

Согласно данным об оптимальных уровнях содержания ТМ в растениях по обеим методикам, в исследованных образцах ярко выражены превышения допустимых концентраций по элементам Cr, Co, Ni. Данный факт может говорить о накапливающемся неблагоприятном воздействии на растения в условиях городской среды.

Заключение

Теоретические и экспериментальные исследования, проведенные за время работы, легли в основу следующих результатов.

Химический анализ показал резкое изменение состава вод реки Полисть в результате впадения в нее соленосных ручьев, осуществляющих разгрузку высокоминерализованных вод низ подземных скважин. Превышений предельно допустимых концентраций тяжелых металлов в водах реки Полисть не обнаружено.

Анализ донных отложений и почв на содержание хлорид-иона выявил, что наибольшие концентрации солей характерны для донных отложений, почв участков, приближенных к берегам рек, а также почв территории курортной зоны. Полученные результаты, вероятно, связаны с гидрогеохимической аномалией данного района, выражающейся в засолении верхних водоносных горизонтов солеными водами из глубоко залегающих водоносных комплексов в результате перетекания их по стволам скважин и зонам тектонических нарушений. Превышений предельно допустимых концентраций хлорид-ионов в почвах не обнаружено.

Подсчет суммарного показателя загрязнения проводился по 9 тяжелым металлам I-III класса опасности. Были опробованы почвы на территории различных функциональных зон города, в том числе селитебных, рекреационных и промышленных территорий. В целом для города результаты оказались однородны и соответствуют «допустимой» и «умеренно опасной» категории загрязнения. Наибольшее загрязнение почв поллютантами обнаружено в образцах, отобранных рядом с территорией ранее располагавшегося здесь литейного завода и участком железнодорожных путей в западной части города. Согласно данным проведенных работ, эти объекты оказались зонами повышенной антропогенной нагрузки.

Результаты изучения растительного покрова показали превышение содержания некоторых тяжелых металлов (Cr, Ni, Co) в растениях вида Пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski.) относительно оптимальных уровней, принятых в различных литературных источниках, что может говорить о неблагоприятном уровне нагрузки на экосистему.

Таким образом, к основным выводам работы можно отнести следующее:

- Установлено изменение химического состава вод р. Полисть в связи со стоком минерализованных вод соленосных ручьев.
- Выявлены повышенные содержания хлоридов в донных отложениях и почвах города вследствие засоления верхних водоносных горизонтов высокоминерализованными водами.
- Обнаружены области значительного локального антропогенного воздействия на

территории города в зоне отвода железнодорожных путей и на территории бывшего литейного производства.

- Установлено неблагоприятное воздействие техногенного фактора на биотическую компоненту экосистем, выраженное в повышенном содержании ТМ в органах растений, произрастающих на изученных территориях.

Список литературы

1. Алексеев Ю.В., Тяжелые металлы в почвах и растениях. - Л : Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. - 140 с.
2. Берри И.Л. Отчет о переоценке эксплуатационных запасов Старорусского месторождения высокоминерализованных лечебных минеральных вод на участке Курортностарорусский1 по состоянию на 30.10.2004г., 2005г.
3. Бобко П. С. Геологические условия формирования старорусско-солецких минерализованных вод. В «Тр. ВНИИ Галургии», вып. XXVIII — «Исследования соляных месторождений и минеральных вод». Л., 1953.
4. Гукалов В.Н. Динамика тяжелых металлов и проблема охраны почв в системе агроландшафта. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук. М. - 2013 г.).
5. Генеральный план муниципального образования город Старая Русса, 2008.
6. Демченко М.М. Динамика валового и подвижного марганца в системе агроландшафта (на примере изучения агроландшафта ОАО “Заветы Ильича” Ленинградского района Краснодарского края). Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Краснодар - 2006 г.
7. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва — растение. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. - 151 с.
8. Казакова Н.А. Загрязнение почвы тяжелыми металлами// Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2009 г.
9. Коровина В.Я. Прогулки по курорту «Старая Русса». — Из-во «Алаборг», СПб, 2008.
10. Куриленко В.В. Методологические основы эколого-геологических исследований// сборник тезисов «Экологические проблемы недропользования», Санкт-Петербург, 2016.
11. Лебедева О.Ю, Фрумин Г.Т. Распределение валовых форм тяжелых металлов в почвах Костромской области. // Общество. Среда. Развитие (Тerra Humana), 2010 г.
12. Методика измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98, 2005.
13. Мосина Л.В., Довлетярова Э.А., Ефремова С.Ю., Норвосурэн Ж. Экологическая опасность загрязнения почвы тяжелыми металлами (на примере свинца)// Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского, 2012 г.
14. Сапрыкин Ф.Я. Геохимия почв и охрана природы. Л.: Недра, 1984.

15. Сборник научно-практических работ под редакцией Л.Г. Дробышевского. Курорт “Старая Русса” 1828-1953, 1955 г.
16. Сошина Н.Н. Обеспечение промышленной безопасности на промышленном транспорте // Промышленный транспорт XXI век. – 2010. – No 4. – С.32-34.
17. Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М. Физиологические основы устойчивости растений к тяжелым металлам: учебное пособие; Институт биологии КарНЦ РАН. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2011.
18. Федорец Н. Г., Медведева М. В. Методика исследования почв урбанизированных территорий. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. 84 с.
19. Чаплыгин В.А., Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Назаренко О.Г., Манджиева С.С., Сушкова С.С. Селективное поглощение тяжёлых металлов естественной травянистой растительностью // Материалы IV Международной научной конференции «Современные проблемы загрязнения почв», факультет почвоведения МГУ. М.: Издво МГУ, 2013.
20. Шаркова С.Ю., Надежкина Е.В. Воздействие ТМ на почвенную микрофлору // Плодородие, 2007 г.
21. Baker A.J.M. .Accumulators and excluders—strategies in the response of plants to heavy metals. J. Plant Nutr, 1981.
22. Luch A. (ed.), Molecular, Clinical and Environmental Toxicology, 2012.
23. Maestri E., Marmioli M., Marmioli N., Visioli G. Metal tolerance and hyperaccumulation: Costs and trade-offs between traits and environment// Environmental and Experimental Botany, 2010.
24. Raja Rajeswari T. Impact of heavy metals on environmental pollution// National Seminar on Impact of Toxic Metals, Minerals and Solvents leading to Environmental Pollution// Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences, 2014.
25. Raymond A. Wuana, Felix E. Okieimen. Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation. // ISRN Ecology, 2011.